

PEMODELAN *GEOGRAPHICALLY AND TEMPORALLY WEIGHTED REGRESSION* UNTUK ANALISIS DETERMINAN *STUNTING* BALITA DI JAWA BARAT TAHUN 2019-2024

Wahyudi Bimantara Parlaungan^{1*}, Nuramaliyah²

^{1,2}Program Studi Statistika, Universitas Terbuka, Jakarta, Indonesia

*Penulis korespondensi: bimawahyudi20@gmail.com

ABSTRAK

Prevalensi *stunting* di Jawa Barat berfluktuasi secara spasio-temporal (2019–2024), sehingga pendekatan regresi global berisiko menghasilkan estimasi bias. Penelitian ini memodelkan determinan *stunting* pada balita di 27 kabupaten/kota menggunakan *Geographically and Temporally Weighted Regression* (GTWR) dengan tujuh variabel prediktor untuk menangkap efek keruangan dan waktu secara simultan. Penelitian ini menggunakan data sekunder berjenis data panel, dengan variabel prediktor meliputi persentase penduduk miskin, cakupan ASI eksklusif, rata-rata lama sekolah, berat badan bayi baru lahir, sanitasi layak, pemberian tablet tambah darah, dan inisiasi menyusui dini. Tahapan analisis dilakukan secara berurutan, mulai dari uji dependensi spasial (Indeks Moran), uji heterogenitas spasial, hingga estimasi parameter model GTWR menggunakan fungsi pembobot spatio-temporal kernel. Hasil analisis menunjukkan bahwa model GTWR memiliki performa yang lebih baik dibandingkan dengan regresi global, dengan nilai R^2 sebesar 0.4277 dan nilai *Akaike Information Criterion* (AIC) yang lebih rendah. Model berhasil mendeteksi *structural break*, di mana kondisi spasial yang homogen (2019–2021) berubah menjadi sangat heterogen pascapandemi, sehingga membentuk titik-titik kerentanan baru (*new hotspots*). Evaluasi lokal menunjukkan pergeseran paradigma determinan: Persentase Penduduk Miskin menjadi faktor paling dominan (signifikan di 66,05% observasi), disusul Rata-Rata Lama Sekolah (50%). Sebaliknya, intervensi spesifik seperti BBLR, ASI Eksklusif, Tablet Tambah Darah, Inisiasi Menyusu Dini, dan Sanitasi Layak telah terdistribusi homogen. Penelitian ini menyimpulkan bahwa mitigasi *stunting* tidak dapat lagi diseragamkan (*one-size-fits-all*), melainkan menuntut kebijakan presisi kelokalan dengan fokus penguatan ekonomi keluarga dan literasi ibu di wilayah rentan.

Kata kunci: *Stunting*, GTWR, Spasio-Temporal, Heterogenitas Spasial, Jawa Barat.

1. PENDAHULUAN

Stunting masih menjadi masalah kesehatan esensial di Indonesia yang berdampak pada penurunan kualitas sumber daya manusia jangka Panjang (Komalasari et al., 2020). Provinsi Jawa Barat menjadi salah satu fokus penanganan krusial mengingat tingginya populasi serta keragaman demografis dan infrastrukturnya. Kesenjangan akses sanitasi, fasilitas kesehatan, dan ketahanan pangan antara kawasan pegunungan, pesisir, hingga urban padat penduduk mengindikasikan bahwa determinan *stunting* memiliki efek heterogenitas spasial yang kuat antarwilayah (Nugroho et al., 2026; Priatmadani et al., 2023; Riznawati et al., 2023).

Dalam literatur sebelumnya, pemodelan determinan *stunting* kerap menggunakan regresi global *Ordinary Least Squares* (OLS). Namun, pendekatan OLS berpotensi kurang mampu menangkap variasi lokal karena mengasumsikan hubungan antarvariabel konstan di seluruh wilayah. Sebagai solusi, pendekatan *Geographically Weighted Regression* (GWR) banyak diadaptasi dalam studi kesehatan untuk mengakomodasi autokorelasi dan keragaman spasial (Bele et al., 2022; Hermalia & Rini, 2023). Meskipun demikian, model GWR masih memiliki

batasan fundamental karena bersifat statis, padahal prevalensi *stunting* adalah data panel yang berfluktuasi secara dinamis (Asnita et al., 2024).

Dinamika fluktuasi ini menjadi semakin kompleks pada rentang waktu 2019 hingga 2024, sebuah periode yang merekam guncangan kondisi sebelum, selama, dan pascapandemi COVID-19 (Sifriyani et al., 2022). *Research gap* (celah penelitian) utama dalam artikel ini adalah belum banyak studi mengenai determinan *stunting*, khususnya di Provinsi Jawa Barat, yang menggabungkan dimensi spasial dan temporal secara simultan melalui pemodelan GTWR. GTWR dikembangkan sebagai pemodelan tingkat lanjut yang mampu menghasilkan parameter secara adaptif terhadap variabilitas ruang dan waktu (Faizah & Rifai, 2024; Huang et al., 2010; Ilahi et al., 2024; Nuramaliyah et al., 2019).

Oleh karena itu, artikel ini bertujuan memodelkan determinan *stunting* balita di Provinsi Jawa Barat pada periode 2019-2024 menggunakan pendekatan GTWR. Melalui pemetaan variabel prediktor yang signifikan secara spesifik di tiap lokasi dan tahun observasi, temuan penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan bagi pemerintah daerah dalam merumuskan kebijakan intervensi *stunting* yang lebih presisi, adaptif, dan tepat sasaran.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Data dan Sumber Data

Penelitian ini memanfaatkan sumber data sekunder yang dihimpun dari rilis resmi Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Barat, Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Barat, serta portal Open Data Jabar. Observasi dilakukan pada unit analisis tingkat kabupaten/kota dengan rentang waktu pengamatan selama enam tahun, yakni dari tahun 2019 sampai dengan 2024. Keseluruhan variabel yang diamati membentuk struktur data panel dari 27 wilayah kabupaten dan kota di Provinsi Jawa Barat, yang rinciannya dijabarkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Variabel	Keterangan Variabel	Satuan
Y	Presentase <i>Stunting</i> Balita	%
X_1	Presentase Penduduk Miskin	%
X_2	Cakupan ASI Eksklusif	%
X_3	Rata-rata Lama Sekolah	Tahun
X_4	Persentase Bayi Berat Lahir Rendah (BBLR)	%
X_5	Persentase Sanitasi Layak	%
X_6	Persentase Pemberian Tablet Tambah Darah	%
X_7	Persentase Inisiasi Menyusui Dini (IMD)	%

Sebagai instrumen pembobot model, digunakan pula tiga variabel spasio-temporal yang merepresentasikan letak geografis dan periode observasi dari masing-masing kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat: u = Garis lintang (*latitude*), v = Garis bujur (*longitude*), dan t = Waktu (tahun)

Variabel koordinat geografis (u, v) dan waktu pengamatan (t) diintegrasikan untuk membentuk matriks pembobot jarak spasio-temporal dalam model GTWR (Huang et al., 2010). Koordinat menangkap efek heterogenitas ruang, sementara waktu mendeteksi dinamika fluktuasi antar-tahun. Hasil peleburan ini memastikan bahwa observasi dengan kedekatan lokasi dan waktu akan menerima bobot estimasi yang lebih besar.

2.2. Pengujian Asumsi dan Efek Spasial

2.2.1. Uji Normalitas Residual

Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah sisaan (residual) yang dihasilkan dari estimasi model regresi global (OLS) memiliki distribusi yang normal atau tidak. Pada penelitian

ini, pengujian normalitas sisaan dilakukan menggunakan metode *Shapiro-Wilk* (Ahadi & Zain, 2023). Uji ini dipilih karena dinilai memiliki tingkat kekuatan uji (*power of test*) yang lebih tinggi dan lebih sensitif dalam mendeteksi penyimpangan normalitas pada sisaan model regresi. Statistik uji *Shapiro-Wilk* dirumuskan sebagai berikut:

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i e_i)^2}{\sum_{i=1}^n (e_i - \bar{e})^2}$$

Kriteria pengambilan keputusan didasarkan pada nilai signifikansi (*p-value*). Apabila *p-value* > α (dengan tingkat signifikansi $\alpha = 0.05$), maka H_0 gagal ditolak, yang berarti sisaan berdistribusi normal. Sebaliknya, jika *p-value* < α , maka H_0 ditolak, yang mengindikasikan bahwa sisaan tidak berdistribusi normal.

2.2.2. Uji Multikolinearitas

Uji multikolinearitas dilakukan untuk mendeteksi ada atau tidaknya korelasi linier yang kuat antar variabel independen. Asumsi dasar regresi mengharuskan setiap variabel independen bersifat saling bebas. Pengujian ini diukur menggunakan nilai *Variance Inflation Factor* (VIF) dengan persamaan berikut (Gujarati & Porter, 2009):

$$VIF_j = \frac{1}{1 - R_j^2}$$

Di mana R_j^2 adalah koefisien determinasi dari regresi variabel independen ke-*j* terhadap variabel independen lainnya. Apabila nilai *VIF* < 10, maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat masalah multikolinearitas dalam model, sehingga seluruh variabel layak digunakan.

2.2.3. Uji Autokorelasi Spasial

Uji autokorelasi spasial digunakan untuk membuktikan apakah terdapat hubungan (ketergantungan) nilai prevalensi *stunting* antara satu kabupaten/kota dengan kabupaten/kota lain yang saling bertetangga. Pengujian ini dilakukan menggunakan statistik Indeks Moran (*Moran's I*) (Anselin, 1988) dengan formulasi:

$$I = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (Y_i - \bar{Y})(Y_j - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}$$

Keterangan:

n = Jumlah lokasi observasi (27 kabupaten/kota).

w_{ij} = Elemen matriks pembobot spasial antara lokasi ke-*i* dan lokasi ke-*j*.

Y_i, Y_j = Nilai persentase *stunting* pada lokasi ke-*i* dan ke-*j*.

$\bar{Y}$ = Rata-rata persentase *stunting* seluruh lokasi.

Jika nilai Indeks Moran yang dihasilkan signifikan secara statistik (*p-value* < 0.05), maka Hipotesis Nol (H_0) ditolak. Hal ini membuktikan adanya autokorelasi spasial, yang membenarkan perlunya penggunaan pendekatan regresi spasial dibandingkan regresi global biasa.

2.2.4. Uji Heterogenitas Spasial

Selain autokorelasi, pemodelan wilayah juga rentan terhadap heterogenitas spasial, yakni kondisi di mana varians dari sisaan (*error*) tidak konstan antar lokasi observasi akibat perbedaan karakteristik geografis dan demografis (keragaman spasial). Pengujian ini menggunakan statistik uji Breusch-Pagan (BP) (Anselin, 1988):

$$BP = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\varepsilon_i^2}{\hat{\sigma}^2} - 1 \right)^2$$

Di mana ε_i melambangkan nilai sisaan regresi OLS pada pengamatan ke- i , dan $\hat{\sigma}^2$ adalah varians dari sisaan tersebut. Apabila nilai uji BP signifikan, maka varians sisaan terbukti heterogen (bervariasi secara keruangan).

2.3. *Geographically and Temporally Weighted Regression (GTWR)*

Metode analisis utama yang diterapkan dalam penelitian ini adalah GTWR yang dikembangkan secara komprehensif oleh Huang et al. (2010). Dalam beberapa tahun terakhir, GTWR telah diakui secara luas dan terbukti sangat akurat dalam memodelkan dinamika penyebaran isu kesehatan masyarakat di Indonesia (Sifriyani et al., 2022; Carissa et al., 2025) serta masalah sosial-ekonomi wilayah (Oktarina, C. et al., 2024). Berbeda dengan model regresi global linier berganda *Ordinary Least Squares* (OLS) yang mengasumsikan pengaruh variabel bersifat homogen di seluruh wilayah (Gujarati & Porter, 2009), model lokal GTWR mendasarkan estimasinya pada asumsi bahwa parameter akan berubah secara dinamis bergantung pada letak geografis dan periode waktu pengamatan. Secara matematis, persamaan umum untuk model GTWR dirumuskan sebagai berikut:

$$Y_i = \beta_0(u_i, v_i, t_i) + \sum_{k=1}^n \beta_k(u_i, v_i, t_i) X_{ik} + \varepsilon_i$$

leterangan:

Y_i = Nilai persentase prevalensi *stunting* balita pada pengamatan ke- i .

(u_i, v_i, t_i) = Titik koordinat spasio-temporal pengamatan ke- i .

$\beta_0(u_i, v_i, t_i)$ = Nilai konstanta atau komponen intersep pada titik spasio-temporal ke- i .

$\beta_k(u_i, v_i, t_i)$ = Nilai koefisien regresi lokal untuk variabel independen ke- k pada titik spasio-temporal ke- i .

X_{ik} = Nilai pengamatan dari variabel independen ke- k pada pengamatan ke- i .

ε_i = Error regresi pada pengamatan ke- i .

Estimasi parameter $\beta_k(u_i, v_i, t_i)$ dihitung menggunakan metode kuadrat terkecil terboboti (*Weighted Least Squares* / WLS). Formula matriks penaksir parameternya adalah (Huang et al., 2010):

$$\hat{\beta}(u_i, v_i, t_i) = [X^T W(u_i, v_i, t_i) X]^{-1} X^T W(u_i, v_i, t_i) Y$$

Dimana $W(u_i, v_i, t_i)$ merupakan matriks diagonal pembobot spasio-temporal berukuran $n \times n$ yang nilainya bergantung pada fungsi kedekatan jarak antarlokasi dan antarwaktu pengamatan (Tobler, 1970). Jarak gabungan spasio-temporal (d^{ST}) diformulasikan melalui persamaan:

$$(d_{ij}^{ST})^2 = \lambda \left[(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2 \right] + \mu (t_i - t_j)^2$$

Penelitian ini menerapkan fungsi pembobot Adaptive Bisquare Kernel (Fotheringham et al., 2002) karena jumlah titik pengamatan spasial konstan (27 kabupaten/kota) namun memiliki kepadatan jarak geografis yang beragam. Formula fungsi pembobot *Adaptive Bisquare* dirumuskan sebagai berikut:

$$w_{ij} = \begin{cases} \left[1 - \left(\frac{d_{ij}^{ST}}{b_{i(h)}} \right)^2 \right]^2, & \text{jika } d_{ij}^{ST} < b_{i(h)} \\ 0, & \text{jika } d_{ij}^{ST} \geq b_{i(h)} \end{cases}$$

Di mana $b_{i(h)}$ melambangkan nilai radius pembatas (*bandwidth* adaptif) pada pengamatan ke- i . Penentuan nilai *bandwidth* optimal dicari secara otomatis menggunakan kriteria minimasi nilai *Corrected Akaike Information Criterion* (AICc) (Fotheringham et al., 2002) yang diformulasikan sebagai berikut:

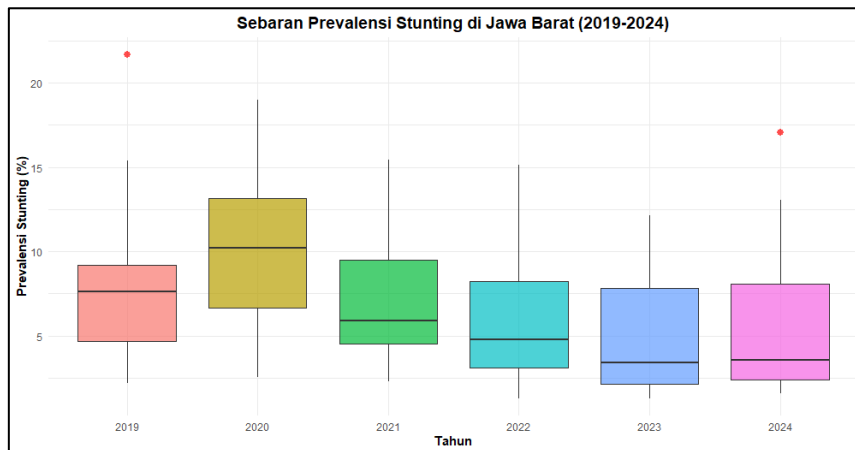
$$AICc = 2n \ln(\hat{\sigma}) + n \ln(2\pi) + n \left[\frac{n + tr(S)}{n - 2 - tr(S)} \right]$$

Keterangan $\hat{\sigma}$ melambangkan penduga standar deviasi dari sisaan model, sedangkan $tr(S)$ melambangkan nilai trace dari matriks topi pada model GTWR. *Bandwidth* yang menghasilkan nilai AICc paling minimum ditetapkan sebagai radius terbaik untuk model akhir.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Statistika deskriptif

Sebelum melakukan pemodelan GTWR, analisis statistika deskriptif dilakukan untuk melihat gambaran umum dan distribusi prevalensi *stunting* balita di 27 kabupaten/kota Provinsi Jawa Barat selama rentang waktu 2019 hingga 2024. Visualisasi sebaran data secara temporal disajikan melalui *boxplot* pada Gambar 1.



Gambar 1. Boxplot Prevalensi Stunting Balita di Jawa Barat Tahun 2019-2024

Berdasarkan Gambar 1, terlihat adanya dinamika sebaran prevalensi *stunting* yang berfluktuasi selama enam tahun pengamatan. Pada periode sebelum pandemi (2019), median prevalensi *stunting* berada pada angka sebesar 7.6%. Memasuki masa guncangan pandemi COVID-19 (2020-2021), bentuk *boxplot* menunjukkan pelebaran variansi (rentang antarkuartil yang lebih lebar), yang mengindikasikan terjadinya ketimpangan kondisi kesehatan yang semakin tinggi antarwilayah akibat pembatasan akses fasilitas kesehatan dasar. Namun, pada periode pemulihan pasca-pandemi (2022-2024), tren nilai median terlihat kembali mengalami penurunan ke angka 3.87 %.

Adanya fluktuasi nilai *stunting* secara temporal (dari tahun ke tahun) dan tingginya variasi sebaran data secara spasial (antarwilayah) ini memberikan justifikasi empiris awal yang sangat kuat. Kondisi heterogenitas data panel ini membuktikan bahwa pemodelan regresi global biasa yang mengabaikan unsur ruang dan waktu tidak akan mampu merepresentasikan

fenomena ini dengan baik, sehingga penerapan metode spasio-temporal GTWR menjadi langkah analisis yang sangat tepat dan relevan.

3.2. Pengujian Asumsi dan Efek Spasial

3.2.1. Uji Multikolinearitas

Hasil pengujian *Variance Inflation Factor* (VIF) menunjukkan bahwa ketujuh variabel independen memiliki nilai VIF maksimal di bawah 2.2. Karena seluruh nilai berada jauh di bawah ambang batas ($VIF < 10$), terbukti tidak terdapat masalah multikolinearitas, sehingga ketujuh variabel prediktor bersifat independen dan layak digunakan dalam model.

Tabel 2. Uji Multikolinearitas

Variabel	VIF
Presentase Penduduk Miskin	2.113
Cakupan ASI Eksklusif	1.09
Rata-rata Lama Sekolah	2.056
Persentase Bayi Berat Lahir Rendah (BBLR)	1.171
Persentase Sanitasi Layak	1.072
Persentase Pemberian Tablet Tambah Darah	1.062
Persentase Inisiasi Menyusui Dini (IMD)	1.121

3.2.2. Uji Normalitas Residual

Pengujian normalitas sisaan model OLS menggunakan metode *Shapiro-Wilk* menghasilkan *p-value* sebesar 0.00001102. Karena nilai *p-value* < 0.05 , maka sisaan model terbukti tidak berdistribusi normal.

Meskipun hasil uji *Shapiro-Wilk* menunjukkan sisaan tidak berdistribusi normal, hal ini tidak mengurangi validitas model GTWR yang dibangun. Ditegaskan bahwa dalam pemodelan data spasial-temporal yang bersifat lokal, asumsi normalitas sisaan bukanlah syarat kaku, melainkan asumsi yang lebih moderat dibandingkan pada regresi OLS (Sifriyani et al., 2022). Prioritas utama dalam GTWR adalah minimisasi nilai AICc untuk mencapai *goodness-of-fit* yang optimal.

3.2.3. Uji Heteroskedastisitas

Uji Breusch-Pagan menunjukkan nilai *p-value* sebesar 0.6965 (> 0.05), yang mengindikasikan bahwa ragam sisaan pada model global bersifat konstan (homoskedastisitas). Menurut (Fotheringham et al., 2002), pengujian global sering kali gagal mendeteksi ketidakstasioneran lokal (local non-stationarity) yang tersembunyi di dalam data. Lebih lanjut, (Asnita et al., 2024) dalam pemodelannya mengenai persentase *stunting* balita di Indonesia menegaskan bahwa regresi spasial data panel (seperti GTWR/GWPR) tetap valid dan esensial diterapkan untuk mengakomodasi matriks pembobot keruangan dan waktu secara simultan.

3.2.4. Uji Autokorelasi Spasial

Pengujian autokorelasi spasial pada penelitian ini dilakukan menggunakan Indeks Moran secara *cross-sectional* untuk melihat dinamika ketergantungan spasial kasus *stunting* dari tahun 2019 hingga 2024 (Carissa et al., 2025). Hasil pengujian disajikan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Indeks Moran

Tahun	Moran's I	<i>p-value</i>	Keterangan
2019	-0.0125	0.421	Tidak Signifikan
2020	0.0938	0.173	Tidak Signifikan
2021	0.0542	0.253	Tidak Signifikan

2022	0.3154	0.006	Signifikan
2023	0.3442	0.003	Signifikan
2024	0.2164	0.03	Signifikan

Berdasarkan Tabel 3, hasil uji autokorelasi spasial (Indeks Moran) menunjukkan nilai $p\text{-value} > 0,05$ pada periode 2019-2021, yang berarti distribusi *stunting* balita di Jawa Barat masih bersifat acak (tidak terdapat autokorelasi spasial yang signifikan). Namun, pada periode 2022-2024, nilai $p\text{-value}$ menunjukkan angka $< 0,05$ dengan nilai Indeks Moran yang positif. Hal ini membuktikan bahwa mulai tahun 2022 terdapat autokorelasi spasial yang nyata.

3.3. Pemodelan dan Evaluasi Kinerja Model

Tahapan pemodelan GTWR diawali dengan pencarian radius *bandwidth* spasio-temporal optimal menggunakan fungsi *Adaptive Bisquare Kernel*. Berdasarkan optimasi nilai AICc terkecil, diperoleh *bandwidth* sebesar 80 observasi. Nilai ini sangat rasional karena mewakili proporsi tetangga terdekat dari total 162 observasi data panel, membuktikan bahwa RStudio sukses mendeteksi titik keseimbangan variasi lokal secara dinamis. Evaluasi performa model selanjutnya dilakukan dengan membandingkan tingkat akurasi (Koefisien Determinasi / R^2) dan AICc antara regresi global (OLS) dengan regresi lokal (GTWR).

Tabel 4. Perbandingan kinerja Model OLS dan GTWR

Kriteria Model	OLS	GTWR
R^2	0.1265	0.4277
AIC	921.2648	864.076
AICc	922.449	909.906

Berdasarkan Tabel 4, Model OLS hanya mampu menjelaskan 12.65% ($R^2 = 0.1265$) dari variasi kasus *stunting*. Namun, ketika heterogenitas spasial antarkabupaten/kota dan pergeseran waktu (2019–2024) diikutsertakan ke dalam model GTWR, nilai R-kuadrat melonjak secara signifikan menjadi 42.77% ($R^2 = 0.4277$). Keunggulan model GTWR juga divalidasi oleh penurunan metrik kehilangan informasi. Terdapat penurunan drastis pada nilai AIC dari 921.264 (OLS) menjadi 864.076 (GTWR).

3.4. Hasil Estimasi Parameter GTWR dan Signifikansi Lokal

Setelah membuktikan bahwa model GTWR memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan model global OLS, langkah selanjutnya adalah menganalisis estimasi parameter lokal yang dihasilkan. Berbeda dengan regresi global yang hanya menghasilkan satu koefisien untuk seluruh wilayah, GTWR menghasilkan koefisien yang bervariasi untuk setiap kabupaten/kota pada setiap tahun pengamatan.

Ringkasan statistik deskriptif dari koefisien model GTWR untuk masing-masing variabel independen disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Ringkasan Statistik Koefisien Parameter GTWR

Variabel	Min	Q1	Median	Q3	Max
Intercept	-18.767	-11.745	-7.113	0.08	4.359
Presentase Penduduk Miskin	0.409	0.624	0.765	0.823	0.978
Cakupan ASI Eksklusif	-0.023	-0.016	-0.009	0.008	0.049
Rata-rata Lama Sekolah	0.202	0.819	1.114	1.503	1.654
Persentase Bayi Berat Lahir Rendah (BBLR)	0.189	0.249	0.276	0.462	0.659
Persentase Sanitasi Layak	-0.023	0.006	0.014	0.021	0.038
Persentase Pemberian Tablet Tambah Darah	-0.051	-0.047	-0.03	-0.021	0.002

Variabel	Min	Q1	Median	Q3	Max
Persentase Inisiasi Menyusui Dini (IMD)	-0.032	-0.027	-0.004	0.008	0.029

Berdasarkan Tabel 5, rentang nilai antara minimum (*Min.*) dan maksimum (*Max.*) pada variabel kemiskinan dan rata-rata lama sekolah menunjukkan rentang yang cukup lebar. Hal ini membuktikan adanya indikasi heterogenitas spasial, di mana besaran pengaruh variabel tersebut terhadap *stunting* berbeda-beda antar wilayah di Jawa Barat.

Untuk mengetahui seberapa luas cakupan pengaruh masing-masing variabel secara signifikan, dilakukan pengujian t-statistik lokal dengan tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 0.05$). Proporsi wilayah dan waktu yang menunjukkan pengaruh signifikan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Proporsi Signifikansi Parameter Lokal GTWR

Variabel	Proporsi Signifikansi (%)
Presentase Penduduk Miskin	66.05
Cakupan ASI Eksklusif	0.62
Rata-rata Lama Sekolah	50
Persentase Bayi Berat Lahir Rendah (BBLR)	1.23
Persentase Sanitasi Layak	2.47
Persentase Pemberian Tablet Tambah Darah	3.7
Persentase Inisiasi Menyusui Dini (IMD)	1.23

Determinan *stunting* menunjukkan polarisasi ekstrem yang dikendalikan oleh faktor sosio-ekonomi, yakni Persentase Penduduk Miskin (66,05%) dan Rata-Rata Lama Sekolah (50%). Sementara itu, signifikansi variabel klinis dan infrastruktur merosot tajam di bawah 4%. Fakta ini menegaskan bahwa dalam merespons krisis 2019-2024, penyelesaian *stunting* tidak cukup hanya mengandalkan intervensi medis, melainkan wajib difokuskan pada penguatan ketahanan ekonomi dan literasi keluarga.

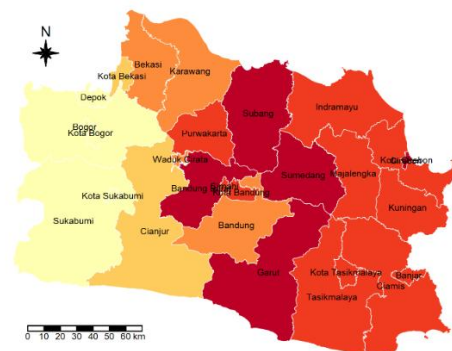
3.5. Dinamika Spasio-Temporal: Transisi Homogenitas ke Heterogenitas

Mengacu pada hasil pengujian signifikansi lokal sebelumnya, analisis dinamika spasio-temporal pada tahapan ini difokuskan secara eksklusif pada dua determinan makro yang terbukti mendominasi secara statistik, yakni Persentase Penduduk Miskin dan Rata-Rata Lama Sekolah. Pemetaan distribusi parameter lokal dari kedua variabel ini menjadi sangat krusial untuk melacak pergeseran kerentanan wilayah (*spatial shifting*) yang terjadi akibat guncangan pandemi COVID-19 dari tahun 2019 hingga 2024.

Peta Sensitivitas Kemiskinan 2019



Peta Sensitivitas Kemiskinan 2024



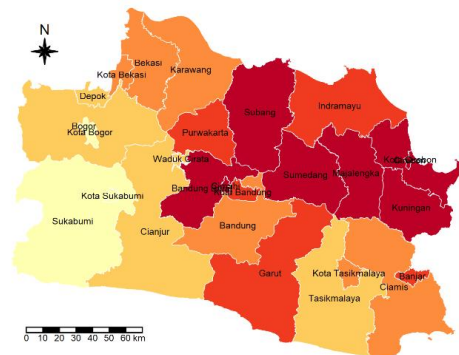
Gambar 2. Distribusi Spasial Variabel Penduduk Miskin terhadap *Stunting* di Jawa Barat 2019 dan 2024

Fenomena transisi struktural yang paling ekstrem terlihat pada Gambar 2. Pada periode pra-pandemi (2019), intensitas pengaruh kemiskinan terhadap *stunting* memiliki pola sebaran awal yang belum tereskalasi secara masif di seluruh wilayah. Namun, guncangan ekonomi yang diakibatkan oleh pandemi memicu reorganisasi spasial yang sangat tajam pada tahun 2024. Muncul titik-titik kerentanan (*hotspots*) baru dengan warna yang jauh lebih pekat, mengindikasikan bahwa di klaster-klaster wilayah tersebut, kemiskinan telah bermutasi menjadi motor penggerak utama (*primary driver*) lonjakan *stunting*. Terkikisnya daya beli masyarakat secara langsung melumpuhkan kemampuan rumah tangga dalam mempertahankan asupan nutrisi balita yang layak selama masa krisis.

Peta Sensitivitas Lama Sekolah 2019



Peta Sensitivitas Lama Sekolah 2024



Gambar 3. Distribusi Spasial Variabel Rata-rata Lama Sekolah terhadap *Stunting* di Jawa Barat 2019 dan 2024

Pergeseran dinamika yang serupa juga terdeteksi pada Rata-Rata Lama Sekolah sebagai determinan terkuat kedua. Pada Gambar 3, mengonfirmasi teori ketahanan sosial, di mana modal manusia (*human capital*) berperan sebagai tameng keluarga (*resilience*) dalam menghadapi krisis kesehatan. Pada wilayah-wilayah dengan tingkat pendidikan yang rendah, sensitivitas parameter *stunting* menunjukkan penguatan intensitas pasca-pandemi. Hal ini membuktikan bahwa rendahnya literasi pendidikan berkorelasi langsung dengan ketidakmampuan orang tua dalam menyerap dan mengadaptasi informasi kesehatan atau pola asuh alternatif saat akses menuju layanan posyandu dan fasilitas medis dasar terhambat oleh pembatasan mobilitas. Secara keseluruhan, pemetaan model GTWR ini memberikan penegasan empiris bahwa episentrum permasalahan *stunting* di Jawa Barat periode 2019-2024 telah bergeser dari isu klinis-infrastruktur menjadi krisis sosio-ekonomi.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa metode GTWR lebih akurat untuk memodelkan kasus *stunting* di Jawa Barat (2019–2024) dibandingkan dengan metode regresi biasa (OLS). Hasil analisis menunjukkan bahwa hantaman pandemi COVID-19 telah mengubah pola kerentanan *stunting* di berbagai daerah secara drastis. Sebelum pandemi (2019–2021), faktor penyebab *stunting* cenderung sama dan merata di seluruh wilayah. Namun, setelah pandemi (2022–2024), kondisinya menjadi sangat bervariasi antar daerah karena kemampuan pemulihan ekonomi dan kesehatan di setiap kabupaten/kota berbeda-beda. Kondisi krisis tersebut membuktikan bahwa faktor sosial-ekonomi memegang peran paling menentukan dalam mencegah *stunting*. Hasil signifikansi lokal menunjukkan bahwa penduduk miskin dan rata-rata lama sekolah merupakan variabel yang paling sering signifikan secara lokal. Temuan ini mengindikasikan bahwa faktor sosial ekonomi dan pendidikan memiliki hubungan yang kuat dengan variasi *stunting* antarwilayah dan antarwaktu. Sementara itu, variabel intervensi spesifik seperti ASI eksklusif,

IMD, sanitasi layak, tablet tambah darah, dan BBLR menunjukkan proporsi signifikansi lokal yang relatif rendah. Secara umum dapat disimpulkan bahwa dinamika tingginya angka *stunting* di Jawa Barat selama masa krisis secara dominan didorong oleh melemahnya daya beli ekonomi serta rendahnya literasi atau pengetahuan pengasuhan dalam keluarga. Dengan demikian, intervensi *stunting* di Jawa Barat sebaiknya tidak diseragamkan untuk seluruh wilayah. Pemerintah daerah perlu menyusun strategi berbasis karakteristik lokal, terutama pada wilayah yang menunjukkan sensitivitas tinggi terhadap faktor kemiskinan dan pendidikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengapresiasi seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian berjudul “*Pemodelan Geographically and Temporally Weighted Regression (GTWR) untuk Menganalisis Determinan Stunting Balita di Jawa Barat Tahun 2019–2024*”. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Program Studi Statistika Universitas Terbuka, dosen pembimbing, Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Barat, Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Barat, serta Open Data Jabar yang telah membantu melalui arahan, dukungan, dan ketersediaan data penelitian. Kontribusi dari berbagai pihak tersebut menjadi bagian penting dalam penyelesaian artikel ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahadi, G. D., & Zain, N. N. L. (2023). Studi simulasi uji normalitas menggunakan Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling, dan Shapiro-Wilk. *Eigen Mathematics Journal*, 6(1), 11–19.
- Anselin, L. (1988). Spatial Econometrics: Methods and Models. In *Economic Geography* (Vol. 65, Number 2). <https://doi.org/10.2307/143780>
- Asnita, Sifriyani, & Fauziyah, M. (2024). Estimation of Geographically Weighted Panel Regression Model With Bisquare Kernel Weighting Function on Percentage of Stunting Toddlers in Indonesia. *Barekeng*, 18(1), 383–394. <https://doi.org/10.30598/barekengvol18iss1pp0383-0394>
- Bele, M. G. L., Hermanto, E. M. P., & Fitriani, F. (2022). Pemodelan Geographically Weighted Regression pada Kasus Stunting di Provinsi Nusa Tenggara Timur Tahun 2020. *Jurnal Statistika Dan Aplikasinya*, 6(2), 179–191.
- Carissa, S. P. A., Sugiarti, N. P. D., & Idhom, M. (2025). Pengaruh Faktor Lingkungan Terhadap Distribusi Kasus DBD di Jakarta Selatan Menggunakan Pendekatan Geographically and Temporally Weighted Regression (GTWR). *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 5(October), 1304–1317.
- Faizah, M. A. N., & Rifai, N. A. K. (2024). Penerapan Metode Geographically and Temporally Weighted Regression pada Persentase Penduduk Miskin di Papua Tahun 2019-2020. *Bandung Conference Series: Statistics*, 4(1), 310–319. <https://doi.org/10.29313/bcss.v4i1.12394>
- Fotheringham, A. S., Brunsdon, C., & Charlton, M. (2002). *Geographically Weighted Regression; The Analysis of Spatially Varying Relationships*. John Wiley & Sons Ltd.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). Basic Econometrics. In *Introductory Econometrics: A Practical Approach*.
- Hermalia, & Rini, D. S. (2023). Modeling The Percentage Of Stunted Children In Indonesia In 2021 Using The Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR) Method Pemodelan Persentase Balita Stunting Di Indonesia Tahun 2021 Dengan Metode Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR). *Journal of Scientech Research and Development*, 5(2), 780–790. <https://idm.or.id/JSCR/inde>
- Huang, B., Wu, B., & Barry, M. (2010). Geographically and temporally weighted regression for modeling spatio-temporal variation in house prices. *International Journal of*

- Geographical Information Science*, 24(3), 383–401.
<https://doi.org/10.1080/13658810802672469>
- Ilahi, I. F. N., Ferdiansyah, E., & Arifianto, F. (2024). Pendugaan PM2.5 Menggunakan Metode Geographically Temporally Weighted Regression di DKI Jakarta. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(6), 1435–1440. <https://doi.org/10.14710/jil.22.6.1435-1440>
- Komalasari, K., Supriati, E., Sanjaya, R., & Ifayanti, H. (2020). Faktor-Faktor Penyebab Kejadian Stunting Pada Balita. *Majalah Kesehatan Indonesia*, 1(2), 51–56. <https://doi.org/10.47679/makein.202010>
- Nugroho, I. W., Rifki, C., Febriansyah, E., Ramadhani, O. S., Murti, B. S., Sabil, S., Zuhdi, S., & Kunci, K. (2026). Analisis Pola Global dan Lokal Determinan Prevalensi Stunting di Jawa Tengah Tahun 2024 Menggunakan Geographically Weighted Regression. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 21, 48–56.
- Nuramaliyah, N., Saefuddin, A., & Aidi, M. N. (2019). the Best Global and Local Variables of the Mixed Geographically and Temporally Weighted Regression Model. *Indonesian Journal of Statistics and Its Applications*, 3(3), 320–330. <https://doi.org/10.29244/ijsa.v3i3.564>
- Oktarina, C., Rizal, J., Faisal, F., Tasyah, Q. L., & Pratiwi, S. C. (2024). Pemodelan IPM di Provinsi Bengkulu dengan Pendekatan Metode Geographically Weighted Regression (GWR) dan Geographically Temporally Weighted Regression (GTWR). *Jurnal EurekaMatika*, 12(1), 23–34.
- Priatmadani, Anjarweni, H. U., Putri, S. M., Pramana, A. S., Palupi, R., & Budiasih. (2023). Determinants of Stunting Under Five Years Prevalence in Indonesia 2021: Spatial Model Approach. *Seminar Nasional Official Statistics*, 2023(1), 653–662.
- Riznawati, A., Yudhistira, D., Rahmaniati, M., Sipahutar, T., & Eryando, T. (2023). Autokorelasi Spasial Prevalensi Stunting di Jawa Barat Tahun 2021. *Jurnal Biostatistik, Kependudukan, Dan Informatika Kesehatan*, 3(1), 14. <https://doi.org/10.51181/bikfokes.v3i1.6386>
- Sifriyani, S., Rasjid, M., Rosadi, D., Anwar, S., Wahyuni, R. D., & Jalaluddin, S. (2022). Spatial-Temporal Epidemiology of COVID-19 Using a Geographically and Temporally Weighted Regression Model. *Symmetry*, 14(4). <https://doi.org/10.3390/sym14040742>